

*А.И. КАБАШНЫЙ*, ОАО «УкрНИИХиммаш», г. Харьков, Украина

## **ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ШВОВ СВАРНЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ПРОТИВ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН**

Проведено дослідження про вплив конструктивних та технологічних факторів на схильність швів зварних пластинчатих теплообмінників до утворення тріщин. Вибрано профілі проставок, які забезпечують стабільний провар кореня шва в середовищі аргону. Запропоновано міри по попередженню появи тріщин в корені шва при виконанні торцевих з'єднань в пластинчатих теплообмінниках.

Проведено исследование о влиянии конструктивных и технологических факторов на склонность швов сварных пластинчатых теплообменников к образованию трещин. Выбранная профили проставок, обеспечивающих стабильный провар корня шва в среде аргона. Предложены меры по предупреждению появления трещин в корне шва при выполнении торцевых соединений в пластинчатых теплообменниках.

A study on the impact of structural and technological factors on the propensity of seams welded plate heat exchangers for cracks. Your account prostavok that provide stable weld root penetration in the argon. A measure to prevent cracking at the root weld butt joints in the performance of plate heat exchangers.

**Решаемая проблема:** при эксплуатации сварных пластинчатых теплообменников, изготовленных из сталей 12X18H10T и 10X17H13M2T на предприятиях химической промышленности известны случаи выхода их из строя из-за образования перетоков в полостях, явившихся следствием разрушения сварных швов. Исследования микроструктуры сварных швов помогло выявить то обстоятельство, что трещины всегда располагаются в области конструктивного непровара. Одновременное воздействие коррозионной среды и динамических нагрузок при наличии непровара, который может служить концентратором напряжений типа надреза, приводит к появлению коррозионноусталостных трещин. В соединениях с прямоугольной проставкой, применяемых при изготовлении теплообменной аппаратуры из листа, было обнаружено появление трещин при сварке. Непровары и трещины в сварных швах способны вызвать высокий уровень напряжений и, таким образом, существенно понизить прочность сварных соединений [1]. Возникла необходимость получения качественных сварных соединений при изготовлении сварных пластинчатых теплообменников.

**Постановка задачи:** исследование влияния конструктивных и технологических факторов на образование трещин при сварке и разработка мер по их предупреждению.

Испытания проводились на моделях, имитирующих соединение проставка-пластина-проставка и представляли собой несколько таких соединений. Изучалось влияние сварочных материалов, профиля проставки и режимов сварки на образование трещин. Известно [1], что усталость сварных соединений в значительной степени зависит от глубины проплавления соединяемых элементов, поэтому стремятся к созданию сквозного проплавления. Конструктивные особенности соединения (малая ширина проставки) и возможность проявления остаточных напряжений с увеличением объема наплавленного металла не позволяют достигнуть сквозного проплавления существующими в производстве теплообменников видами сварки. В связи с этим для исследования взят профиль проставки с деконцентратором напряжений, представляющим продольную канавку в виде полуокружности. Профили проставок, исследованные в экспериментах, см. рис. 1. Толщина пластин 1,0 мм.

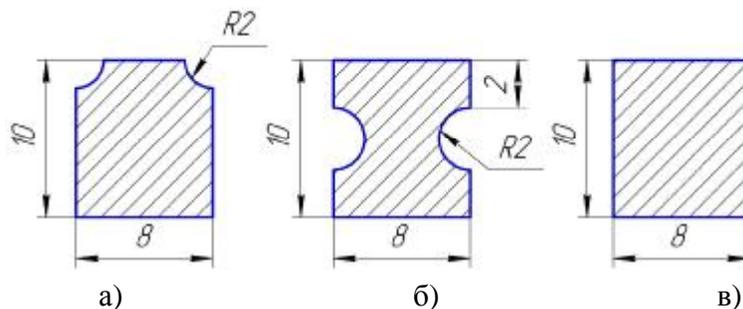


Рис. 1. Профили проставок, использованные в экспериментах

Обнаружение трещин и изучение особенностей формирования структуры швов производилось металлографически на шлифах, вырезанных поперек шва моделей (рис. 2). Проставки и пластины изготавливались из сталей 12X18H10T и 10X17H13M2T.

В качестве присадочного материала использовались следующие проволоки: Св.-06X19H9T, Св.-07X19H10Б, Св.-05X20H9ФБС – для сварки стали 12X18H10T и Св.-04X19H11M3, Св.-06X20H11M3ТБ, Св.-01X19H18Г10АМ4 – для сварки стали 10X17H13M2T. Сварочные материалы выбирались в соответствии с требованиями нормативных документов [2, 3] и результатами исследований [4].

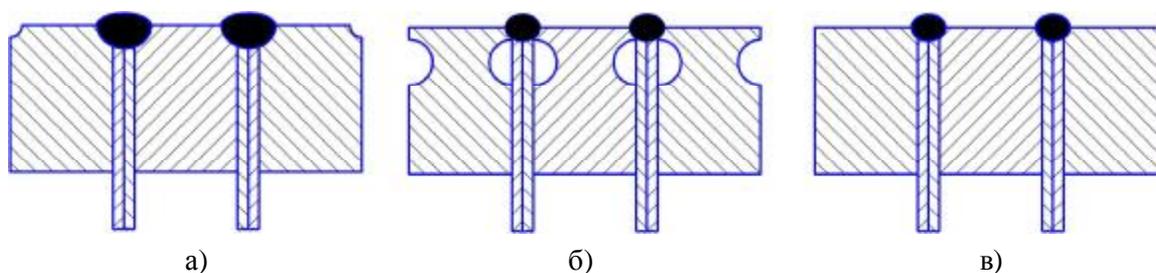


Рис. 2. Поперечные сечения моделей для металлографических исследований

Сварка производилась в приспособлении, с конструктивным зазором. Рост кристаллитов в корне шва происходит в направлении почти параллельном зазору, вследствие чего место их стыковки является ослабленным. В данной работе, с целью более благоприятной направленности кристаллитов, металл сварочной ванны подвергался реверсивному электромагнитному перемешиванию.

Для установления зависимости между режимом сварки и стойкостью швов против образования трещин внимание уделялось следующим параметрам: силе сварочного тока, напряжению дуги, скорости сварки.

При сварке соединения с прямоугольным профилем проставки в интервале токов 170 – 210 А, напряжений 15 – 17 В, скоростей сварки 4 – 7 м/ч наблюдалось образование трещин в корне шва (рис. 2 в).

При  $I_{св.}=185$  А,  $U_{д}=17$  В,  $V_{св}=6$  м/ч, образуется минимальное количество микротрещин. Результаты опытов свидетельствуют о том, что в соединении с прямоугольным профилем проставки, независимо от величины и исследуемых параметров возможно появление трещин, в большинстве случаев распространяющихся по линии сплавления (рис. 3).

Наиболее стабильные результаты получены в соединении (рис. 2 а).

При глубине проплавления, не превышающей 3 мм, линия сплавления в таком соединении имеет плавное очертание с наличием почти прямолинейного участка в корне шва, образующего прямой угол с плоскостью пластины (рис. 4). Трещины в шве отсутствовали.

Образование плоской площадки по всей длине шва препятствует стыковке кристаллитов и исключает появление трещин. Одним из определяющих факторов, способствующих возникновению трещин при сварке соединения с прямоугольной проставкой (по результатам металлографического анализа) можно считать скачкообразность линии сплавления к корне шва. Скачки образуются за счет более быстрого расплавления пластины и связаны с изменением направленности тепловложения при ручной сварке и величиной зазора.

В соединении с деконцентратором напряжений при незначительном провисании валика также наблюдаются трещины в корне шва см. рис. 5а.

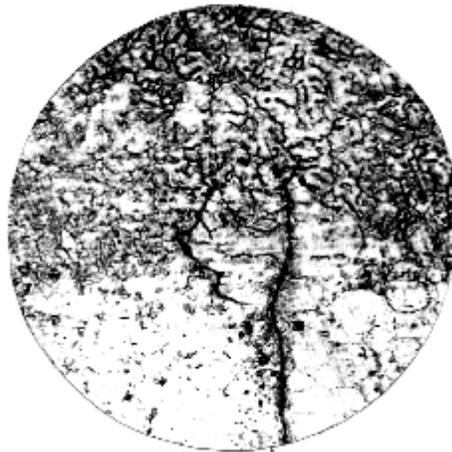


Рис. 3. Микроструктура поперечных сечений швов сварных соединений стали 12Х18Н10Т с прямоугольной формой проставки, выполненных аргонодуговой сваркой с присадкой Св.-07Х19Н10Б

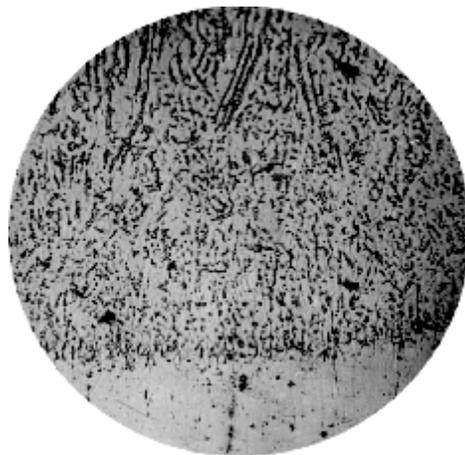


Рис. 4. Микроструктура поперечных сечений швов сварных соединений стали 12Х18Н10Т со скругленной формой проставки, выполненных аргонодуговой сваркой с присадкой Св.-07Х19Н10Б

Избежать трещинообразования в соединении (рис. 2 б) удастся при полном и надежном проплавлении корня шва (рис. 5 б и в).

Достичь проплавления можно при тщательной отработке режимов сварки и точном их соблюдении. Применение механизированных видов сварки способствует стабильности проплавления корня шва. Плавный переход от проставки к пластине при обеспечении плоской или слабоогнутой поверх-

ности валика со стороны сварки – необходимое условие качественного формирования корня шва в сварном соединении с деконцентратором напряжений.

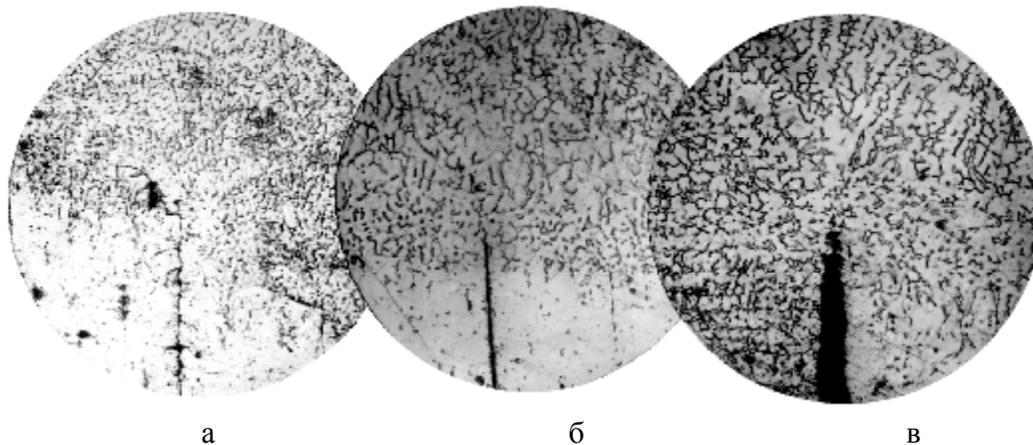


Рис. 5 Микроструктура поперечных сечений швов сварных соединений стали 12Х18Н10Т с деконцентратором напряжений, выполненных аргонодуговой сваркой с присадкой Св.-07Х19Н10Б

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что присадочный материал существенного влияния на образование трещин не оказывал, за исключением проволоки Св.-01Х19Н18Г10АМ4, применение которой способствует повышению трещиностойкости. Электромагнитное перемешивание сварочной ванны, хотя и приводило к измельчению структуры и ее дезориентации, однако не предупреждало появления скачков линии сплавления в корне шва в сварном соединении с прямоугольной проставкой.

#### **Выводы.**

В результате проведенных исследований было установлено, что причиной образования трещин в швах сварных пластинчатых теплообменников является конструктивный непровар и неплавный переход от основного металла к наплавленному в корне шва; выбраны профили проставок и типы соединений гарантирующие, при соблюдении оптимальных режимов сварки, качественное сварное соединение.

Наиболее приемлемой формой проставки, с точки зрения технологичности является проставка (рис. 1 а).

Линия сплавления и характер кристаллизации сварочной ванны в соединениях с такой проставкой обеспечивает получение сварного шва без микротрещин в корне шва.

**Список литературы:** 1. *Кудрявцев И.В.* Усталость сварных конструкций / *И.В. Кудрявцев, Н.Е. Наумченков.* – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с. 2. Зварювання плавленням металевих матеріалів в хімічному та нафтовому машинобудуванні. Вимоги до технологічного процесу; ГСТУ 3-020-2001. – К.: М-во промислової політики України, 2001. – 213 с. – (Нормативний документ міністерства промислової політики України). 3. Посудини та апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови; СОУ МПП 71.120-217:2009. – К.: М-во промислової політики України, 2009. – 339 с. – (Нормативний документ міністерства промислової політики України). 4. *Каховский Н.И.* Сварка высоколегированных сталей / *Н.И. Каховский.* – К.: Техніка, 1975. – 376 с. 5. *Петрушин И.В.* Новая технология сварки торцовых соединений из стали и сплава аустенитного класса / [*И.В. Петрушин, А.Ф. Малыгин, А.К. Гуро и др.*] // Сварочное производство. – 1976. – № 9. – С. 15 – 17.

*Поступила в редколлегию 25.03.10*

УДК 66.011

**О.И. НЕВШУПА, Д.В. БОБКОВ**, канд. техн. наук,  
**В.А. КАЧАНОВ**, канд. хим. наук, **Ю.Б. ДАНИЛОВ**, докт. техн. наук,  
**С.Е. БОГУЧАРОВА, Н.Е. ЗАГОРУЛЬКО, Е.К. ГВОЗДИКОВА,**  
**В.Ю. КОЗИН**, ОАО «УкрНИИХиммаш», г. Харьков, Украина

## **РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ КАУСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦИРКОНИЯ**

Об'єктом досліджень є водний розчин, отриманий після вилуджування водою цирконієвого спека, що містить їдкий натр с домішками з'єднань кремнію, алюмінію, заліза, титана, кальцію, цирконію з метою розробки технології регенерації їдкого натру з відпрацьованих розчинів цирконієвих виробництв. Проведені дослідження та отримані практичні результати по очистці розчинів їдкого натру методом каустифікації, фільтрування отриманої після каустифікації суміші, концентрування очищених від домішок розчинів їдкого натру. Проведена оцінка якісного состава отриманих при регенерації їдкого натру відходів, запропоновані способи їх утилізації.

Объектом исследования является водный раствор, получаемый в результате выщелачивания водой циркониевого спека, и содержащий едкий натр с примесями соединений кремния, алюминия, железа, титана, кальция, циркония с целью разработки технологии регенерации едкого натра из отработанных растворов циркониевого производства. Проведены исследования и получены практические результаты по очистке растворов едкого натра методом каустификации, фильтрованию полученной после каустификации суспензии, концентрированию очищенных от примесей растворов едкого натра. Проведена оценка качественного состава получаемых при регенерации едкого натра отходов, предложены способы их утилизации.

The object of research is the aqueous solution obtained after vyludzhuvannya zirconium heat water containing sodium hydroxide with impurities of compounds of silicon, aluminum, iron, titanium, calcium,